

REC'D 17 FEB 2005

WIPO

PCT

IB/2004/05290



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-  
gen stimmen mit der  
ursprünglich eingereichten  
Fassung der auf dem näch-  
sten Blatt bezeichneten  
europäischen Patentanmel-  
dung überein.

The attached documents  
are exact copies of the  
European patent application  
described on the following  
page, as originally filed.

Les documents fixés à  
cette attestation sont  
conformes à la version  
initialement déposée de  
la demande de brevet  
européen spécifiée à la  
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

04100006.8 ✓

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

R C van Dijk





Anmeldung Nr:

Application no.: 04100006.8 ✓

Demande no:

Anmeldetag:

Date of filing: 05.01.04

Date de dépôt: ✓

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property GmbH

20099 Hamburg

ALLEMAGNE

Koninklijke Philips Electronics N.V.

Groenewoudseweg 1

5621 BA Eindhoven

PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:

(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.

If no title is shown please refer to the description.

Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Verfahren zum Betreiben eines DC/DC Tief-Hochsetzstellers

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)  
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/  
Classification internationale des brevets:

H02M3/158

Am Anmeldetag benannte Vertragstaaten/Contracting states designated at date of  
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL  
PT RO SE SI SK TR LI



## BESCHREIBUNG

### Verfahren zum Betreiben eines DC/DC Tief-Hochsetzstellers

Die Erfindung betrifft DC/DC-Wandler mit mehreren Ausgängen, die sowohl Tiefsetzsteller, als auch Hochsetzsteller sind und hier Tief-Hochsetzsteller genannt  
5 werden. DC/DC Tief-Hochsetzsteller erzeugen Ausgangsspannungen, die unterhalb, oberhalb oder auf dem Niveau der Eingangsspannung liegen.

Aus der Praxis bekannt sind Wandler, die sowohl Tief-, als auch Hochsetzsteller sind, aber eine Vielzahl von Transistoren oder Schaltern anderen Typs benötigen und dadurch  
10 relativ teuer sind. Ebenfalls bekannt sind Tiefsetzsteller und Hochsetzsteller mit mehreren Ausgängen, die jedoch nicht gleichzeitig sowohl eine hohe, als auch eine niedrige Ausgangsspannung versorgen können.

Ein Buck-Converter (Tiefsetzsteller) und ein Boost-Converter (Hochsetzsteller) unterscheiden sich im wesentlichen durch die Anordnung des Speichermittels für die  
15 induktive Energie, beispielsweise eine Spule oder Drossel (im folgenden lediglich mit Spule bezeichnet). Beim Buck-Converter ist zwischen dem einen Pol der die Eingangsspannung erzeugenden Gleichspannungsquelle und der Spule das Hauptschaltmittel angeordnet, während beim Boost-Converter die Spule direkt mit dem einen Pol der die  
20 Eingangsspannung erzeugenden Gleichspannungsquelle verbunden ist und das Hauptschaltmittel zwischen dem anderen Ende der Spule und dem anderen Pol der Gleichspannungsquelle angeordnet ist. Bezüglich der Anwendung liegt der Unterschied in der Höhe der Hauptspannung mit der größten Last. Beim Buck-Converter ist die mit einer hohen Last versehene Hauptspannung niedriger als die Eingangsspannung, während  
25 beim Boost-Converter die mit einer hohen Last versehene Hauptspannung höher ist als die Eingangsspannung.

Die US 2002/0113580 A1 offenbart einen DC/DC Tief-Hochsetzsteller, der Speichermittel für induktive Energie, Schaltmittel und Steuermittel aufweist. Diese Steuermittel  
30 sind vorgesehen, um die Schaltmittel wirksam zu steuern, damit elektrische Energie zu

einem ersten Ausgang des DC/DC-Wandlers in einem Abwärts-Modus (Buck) übertragen wird und von dem ersten Ausgang zu einem zweiten Ausgang des DC/DC-Wandlers in einem Aufwärts-Modus (Boost). Diese Anordnung hat den Nachteil, dass Ladung, die in den zweiten Ausgang übertragen werden soll, zweimal das Speicher-  
5 mittel für induktive Energie passieren muss und auf diese Weise hohe Verluste in Kauf genommen werden müssen. Zudem muss der Ausgangskondensator des ersten Ausgangs die Ladung zwischenspeichern, was zu einer erhöhten Ausgangsspannungswelligkeit des ersten Ausgangs führt.

- 10 Des weiteren weist dieser Wandler genau zwei Ausgänge auf, einen ersten mit einer Spannung, die unterhalb der Eingangsspannung liegt und einen zweiten, mit einer Spannung, die oberhalb der Eingangsspannung liegt. Für die Realisierung dieses Tief-Hochsetzstellers sind zwar lediglich drei Schaltmittel erforderlich. Für viele elektronische Geräte sind aber mehr als zwei Versorgungsspannungen erforderlich. Der  
15 in US 2002/0113580 A1 offenbarte Wandler reicht für solche Geräte nicht aus.

US-Patent 6,437,545 B2 offenbart ein Steuerschema für einen Tief-Hochsetzsteller in Fig.6 mit mehreren Ausgängen. Dieser DC/DC Converter umfasst Mittel zur Speicherung von induktiver Energie, Schaltmittel und Steuermittel, wobei die  
20 genannten Steuermittel angeordnet sind, um selektiv die Schaltmittel so zu steuern, dass elektrische Energie an einen Ausgang übertragen wird. Die Steuermittel sind angeordnet, um die mehreren Ausgänge zu steuern, indem sie eine Anzahl von einzelnen Schalt-Zyklen für jeden Ausgang zur Verfügung stellen sowie zum Erstellen eines Hauptausgangs unter den genannten vielen Ausgängen, der den höchsten Betrag an  
25 Energie erfordert. Diese Steuerung sieht eine Schaltfolge von unterschiedlichen Schalt-Zyklen vor, bei der jeder Schalt-Zyklus mit einer Phase  $\Phi_1$  beginnt, bei der alle Schalter, welche einem der Ausgänge zugeordnet sind, offen sind und der Hauptschalter, der in Reihe mit einer Spule zwischen dem Plus-Pol und dem Minus-Pol der Eingangsspannung angeordnet ist, geschlossen ist. Während der Phase  $\Phi_1$  wird in der Spule  
30 Energie aufgebaut, da in dem Stromkreis kein sonstiger Verbraucher angeordnet ist. Im

Anschluss an den Stromaufbau schließt sich eine weitere Phase an, bei der einer der Schalter, welche genau einem Ausgang zugeordnet sind, geschlossen ist, wodurch die Energie in der Spule wieder abgebaut wird. Wenn der Strom durch die Spule wieder den Wert erreicht hat, den er zu Beginn der Aufbauphase hatte und somit ein Gleichgewicht  
5 wieder hergestellt ist, beginnt wieder eine Stromaufbauphase  $\Phi_1$  mit anschließendem Stromabbau über genau einen Lastzweig. Eine Schaltfolge besteht also aus mehreren aneinandergereihten Schalt-Zyklen derart, dass auf eine Phase des Stromaufbaus eine Phase des Stromabbaus folgt. Der dort beschriebene und in der dortigen Figur 6 gezeigte Tief-Hochsetzsteller ist lediglich für zwei Ausgänge eingerichtet und weist je  
10 ein Schaltmittel (S4, S5) für die beiden Ausgänge auf sowie ein Hauptschaltmittel (S1), ein Freilaufschaltmittel (S2) und ein weiteres Schaltmittel (S3), welches zwischen dem den Konverter-Ausgängen zugewandten Ausgang der Spule und dem nicht mit dem Hauptschaltmittel verbundenen Pol der die Eingangsspannung erzeugenden Gleichspannungsquelle angeordnet ist und welches im Buck-Betrieb offen ist, aber für den  
15 Boost-Betrieb erforderlich ist. Somit werden zusätzlich zu den Schaltmitteln, die die Verteilung des Stromflusses zwischen den verschiedenen Ausgangszweigen steuern (D2, S4, S5), insgesamt 3 Schaltmittel (D1, S4, S3) benötigt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein möglichst kostengünstig zu realisierendes Verfahren  
20 zum Betreiben eines DC/DC Tief-Hochsetzsteller anzugeben, welcher zumindest zwei Ausgänge aufweist. Von den zwei Ausgängen kann gleichzeitig einer höher und einer niedriger sein als die Eingangsspannung.

Es werden sowohl für Tief-Hochsetzsteller, die auf Basis eines Buck-Converters  
25 aufgebaut sind, als auch für solche, die auf Basis eines Boost-Converters aufgebaut sind, erfindungsgemäße Verfahren angegeben.

Die Aufgabe wird durch ein in Anspruch 1 definiertes Verfahren gelöst, welches einen sogenannten Buck-Converter betrifft. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die  
30 bei einem Buck-Converter im Verlauf eines Schalt-Zyklus in der Spule gespeicherte



Energie auch zum Speisen einer Ausgangsspannung, die höher als die Eingangsspannung ist, verwendet. Schalt-Zyklus bedeutet in diesem Zusammenhang eine Folge von Schaltphasen, welche wiederum definierten Zuständen der Schaltmittel entsprechen. Ein Schalt-Zyklus besteht prinzipiell aus einer Aufbauphase und einer sich anschließenden Abbauphase des jeweiligen Spulen-Stroms, welcher durch das Speichermittel für induktive Energie fließt. Die Aufbauphase und/oder die Abbauphase sind dabei unterteilt in zwei oder mehr Phasen. Eine Phase steht für eine bestimmte Kombination der Zustände aller Schaltmittel. Die Erfindung geht dabei von der Erkenntnis aus, dass durch geschicktes Verteilen der Ladung des induktiven Speichermittels auf alle Ausgänge auf das weitere Schaltmittel und dessen Ansteuerung der den Stand der Technik bildenden US 6,437,545 B2 verzichtet werden kann und somit die Schaltungsanordnung kostengünstiger realisiert werden kann.

Das in Anspruch 1 definierte Verfahren kann auf besonders einfache Weise für weitere Ausgänge erweitert werden. Dafür wird alternativ der Schalt-Zyklus in eine weitere Schaltphase unterteilt, die diesen zusätzlichen Ausgang betrifft oder eine bestehende Schaltphase wechselweise für aufeinanderfolgende Schalt-Zyklen für den einen oder den anderen Ausgang verwendet, so dass quasi ein toggelndes Bedienen zweier Ausgänge erfolgt.

Bevorzugt erzeugt das Steuermittel für jedes Schaltmittel Schaltphasen, welche so zusammengesetzt sind, dass die Abbauphase des Spulen-Stroms zumindest zwei Schaltphasen aufweist. Bei genau zwei Schaltphasen während der Abbauphase bedeutet dies, dass der korrespondierende DC/DC Tief-Hochsetzsteller genau zwei Ausgänge aufweist und alle (beide) Ausgänge während eines Schalt-Zyklus nacheinander mit Ladung versorgt werden. Genau zwei Ausgänge bedeutet in diesem Fall ein Ausgang mit einer kleinen Spannung und ein Ausgang mit einer hohen Spannung, jeweils relativ zur Eingangsspannung.



Bei drei Schaltphasen während der Abbauphase bedeutet es, dass der korrespondierende DC/DC Tief-Hochsetzsteller drei Ausgänge aufweist und alle (drei) Ausgänge während eines Schalt-Zyklus nacheinander mit Ladung versorgt werden.

- 5 Nach einer Ausführungsform beinhaltet ein Schalt-Zyklus alle Schaltphasen genau einmal.

- Die Aufgabe wird ebenfalls durch ein in Anspruch 4 definiertes Verfahren gelöst, welches einen sogenannten Boost-Converter betrifft. Bei diesem erfindungsgemäßen
- 10 Verfahren gibt es im Verlauf des Speicherns von Energie in der Spule auch eine Phase, in der eine Ausgangsspannung gespeist wird, die unterhalb der Eingangsspannung liegt. Die Aufbauphase und / oder die Abbauphase des Spulen-Stroms ist dabei in zwei oder mehr Phasen unterteilt. Eine Phase steht für eine bestimmte Kombination der Zustände aller Schaltmittel. Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt gegenüber dem Stand der
- 15 Technik aus Fig. 6 der US 6,437,545 B2 die dort mit S1 und S2 bezeichneten Schaltmittel einzusparen. Somit lässt sich die Schaltungsanordnung kostengünstiger realisieren.

- Bevorzugt erzeugt das Steuermittel für jedes Schaltmittel Schaltphasen, welche so
- 20 zusammengesetzt sind, dass die Aufbauphase des Spulen-Stroms zumindest zwei Schaltphasen aufweist. In mindestens einer dieser Schaltphasen wird ein Ausgang mit kleinerer Spannung als die Eingangsspannung mit Ladung versorgt. In der oder den Stromabbauphasen werden der oder die Ausgänge versorgt, deren Spannungen über der Eingangsspannung liegen.

- 25 Das in Anspruch 4 definierte Verfahren kann auf besonders einfache Weise für einen weiteren Ausgang erweitert werden. Dafür wird alternativ

- der Schalt-Zyklus in eine weitere Schaltphase unterteilt, die diesen zusätzlichen Ausgang betrifft oder
- 30 - eine Schaltphase wechselweise für aufeinanderfolgende Schalt-Zyklen für den einen oder den anderen Ausgang angewandt, so dass quasi ein toggelndes Bedienen zweier Ausgänge erfolgt.

Durch mehrfaches Durchführen dieser Verfahren können beliebig viele Ausgänge hinzugefügt werden.

- 5 Nach einer Ausführungsform beinhaltet ein Schalt-Zyklus alle Schaltphasen genau einmal.

Die Schaltmittel können MOSFETs (Metal-Oxide Semiconductor Field-Effect Transistors), IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor), GTOs (Gate Turn-Off  
10 Switches), Bipolar-Transistoren oder beliebige andere Transistoren oder Schalter sein. Sie sind bevorzugt MOSFETs, da sich der erfindungsgemäße Tief-Hochsetzsteller dann besonders einfach realisieren lässt.

Der erfindungsgemäße DC/DC-Converter eignet sich zur Anwendung in elektronischen  
15 Apparaten, in denen Verbraucher mit unterschiedlichen Spannungen versorgt werden müssen, beispielsweise in Mobilfunktelefonen, PDAs (Personal Digital Assistants) oder MP3-Spielern.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen lediglich beispielhaft  
20 erläutert, wobei

- Figur 1 eine schematische Schaltungsanordnung für einen Buck-Converter zeigt;  
Figur 2 ein Diagramm den Spulen-Strom betreffend gemäß einer ersten Variante  
eines Schaltschemas für einen Buck-Converter ist;  
Figur 3 ein Diagramm den Spulen-Strom betreffend gemäß einer zweiten  
25 Variante eines Schaltschemas für einen Buck-Converter ist;  
Figur 4 eine schematische Schaltungsanordnung für einen Boost-Converter zeigt;  
Figur 5 ein Diagramm den Spulen-Strom betreffend gemäß einer ersten Variante  
eines Schaltschemas für einen Boost-Converter ist;  
Figur 6 ein Diagramm den Spulen-Strom betreffend gemäß einer zweiten  
30 Variante eines Schaltschemas für einen Boost-Converters ist.

Figur 1 zeigt eine schematische Schaltungsanordnung für einen auf einem Buck-Converter basierenden Tief-Hochsetzsteller. Ein Schaltmittel  $T_1$ , das zwischen einem Plus-Pol der eine Eingangsspannung  $U_{in}$  erzeugenden Gleichspannungsquelle und einer als Energie speicherndes Mittel eingesetzten Spule  $L_1$  angeordnet ist, ist als Hauptschalter eingesetzt, der die Eingangsspannung zu- oder abschaltet. Parallel zu dem Schaltmittel  $T_1$  ist eine erste Diode  $D_1$  so angeordnet, dass ihre Anode zu der Spule  $L_1$  ausgerichtet ist und sie sich bei geöffnetem Schaltmittel  $T_1$  entladen kann, wenn das Potential an  $X_1$  der Spule  $L_1$  höher ist als das von  $U_{in}$ . Der in diesem Beispiel dargestellte Tief-Hochsetzsteller mit mehreren Ausgängen verfügt über drei Ausgänge A, B und C, wobei die Hauptspannung die Spannung  $U_A$  ist, welche kleiner ist als die Eingangsspannung  $U_{in}$  und die größte Last in dem Schaltkreis aufweist. Ein Spulenstrom  $I_{L1}$  wird über ein Schaltmittel  $T_3$  auf diesen Zweig des Schaltkreises gegeben. An einem Nebenausgang liegt eine Spannung  $U_B$  an, die größer ist als die Eingangsspannung  $U_{in}$ . Dieser Zweig des Schaltkreises muss nicht über ein steuerbares Schaltmittel verfügen, sondern reicht gegebenenfalls eine Diode  $D_3$ , die in Reihe mit dem Ausgang  $U_B$  geschaltet ist. Der die Last C betreffende Zweig stellt lediglich beispielsweise eine Erweiterungsmöglichkeit des erfindungsgemäßen Tief-Hochsetzstellers dar. Die Höhe der an diesem Ausgang anliegende Spannung  $U_C$  bzw. die zu versorgende Last C ist hier nicht näher definiert, da es letztendlich nur auf ein Gleichgewicht aller beteiligten Lasten ankommt. Ein Controller überwacht die Ausgangsspannungen  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$  und steuert die Schaltmittel  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  entsprechend den Anforderungen.

Die Spule  $L_1$  greift an dem der Eingangsspannung zugeordneten Ende  $X_1$  zwischen dem Hauptschaltmittel  $T_1$  und dem Freilaufschaltmittel  $D_2$ ,  $T_2$  ab. Die mittlere Spannung an  $X_1$  wird durch das Tastverhältnis des Hauptschaltmittels  $T_1$  eingestellt.

Der Schalter  $T_2$  ist optional. Für die Funktion des Wandlers wesentlich ist, dass bei geöffnetem Hauptschaltmittel  $T_1$  der Spulen-Strom  $I_{L1}$  im unteren Zweig über die zweite Diode  $D_2$  zu der Spule  $L_1$  hin fließen kann. Die Diode  $D_2$  ist mit der Anode zum einem der Pole, hier zum Minus-Pol, der die Eingangsspannung  $U_{in}$  erzeugenden

Gleichspannungsquelle hin angeordnet und mit der Kathode zum schalterseitigen Ende der Spule  $L_1$  ausgerichtet. Da an der Diode  $D_2$  auch in Durchlass-Richtung Verluste entstehen, kann parallel zu ihr ein Schaltmittel  $T_2$  angeordnet werden zwecks Reduktion der Durchlassverluste.

5

Figur 2 ist ein Diagramm, das den Spulen-Strom  $I_{L1}$  gemäß einer ersten erfindungsgemäßen Variante eines Schaltschemas für einen Buck-Converter betrifft. Bei dem ersten Schaltschema besteht ein Schalt-Zyklus  $SZ_1$  aus einer Aufbauphase des Spulen-Stroms  $I_{L1}$  und einer sich anschließenden mehrphasigen (hier: zweiphasigen) Abbau-  
10 phase. Die Gleichgewichtslinie GL deutet an, dass bei geeignetem Tastverhältnis des Hauptschaltmittels  $T_1$  der Spulen-Strom  $I_{L1}$  zu Beginn und am Ende des Schalt-Zyklus  $SZ_1$  den gleichen Wert hat. Steigt die Last an den Ausgängen mit hoher Ausgangsspannung zu sehr, so kann jedoch kein Gleichgewicht eingestellt werden und die Gleichgewichtslinie wird verlassen. Der hier dargestellte Schalt-Zyklus  $SZ_1$  besteht aus  
15 mehreren Phasen  $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$  und  $\Phi_3$ , welche folgenden Zuständen der Schaltmittel  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  und  $T_4$  entsprechen:

$\Phi_1$ :  $T_1$  und  $T_3$  sind geschlossen,  $T_4$  ist geöffnet. Das optionale Schaltmittel  $T_2$  ist geöffnet. Der Spulen-Strom  $I_{L1}$  steigt an, und speist gleichzeitig Ausgang A.

20

$\Phi_2$ :  $T_1$  ist geöffnet,  $T_3$  und das optionale Schaltmittel  $T_2$  sind geschlossen. Ein Teil der in der Spule  $L_1$  gespeicherten Energie wird zum Ausgang A transferiert, wobei der Spulen-Strom  $I_{L1}$  abnimmt.

25  $\Phi_3$ :  $T_3$  ist geöffnet, das optionale Schaltmittel  $T_2$  ist geschlossen. Der Spulen-Strom  $I_{L1}$  sinkt nun schneller ab und fließt durch den Zweig mit dem Ausgang B über die Diode  $D_3$ , so lange, bis sein Ausgangswert wieder erreicht ist.

Während eines Schalt-Zyklus werden nacheinander die zumindest zwei vorhandenen  
30 Ausgänge A, B versorgt.



Figur 3 ist ein Diagramm, das den Spulen-Strom  $I_{L1}$  gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Variante eines Schaltschemas für einen Buck-Converter betrifft. Bei dem zweiten Schaltschema handelt es sich um einen zweiten Schalt-Zyklus  $SZ_2$ , der aus einer Aufbauphase des ersten Spulen-Stroms  $I_{L1}$  und einer sich anschließenden

5 mehrphasigen (hier: zweiphasigen) Abbauphase besteht, wobei während der Abbauphase andere Schalterzustände zugrunde liegen, nämlich wird hier der Ausgang gewechselt während das Hauptschaltmittel  $T_1$  zunächst geschlossen gehalten wird, bevor es in der nächsten Schaltphase geöffnet wird. Auch hier ist wieder die Gleichgewichtslinie  $GL$  eingetragen, die die Anpassung des Tastverhältnisses des Hauptschalt-

10 mittels  $T_1$  an die Lasten andeutet. Zusätzlich ist der bestimmungsgemäße Betrieb des Konverters nur möglich, wenn die Lasten bestimmte Randbedingungen einhalten. Der hier dargestellte Schalt-Zyklus  $SZ_2$  besteht aus mehreren Phasen  $\Phi_4$ ,  $\Phi_5$  und  $\Phi_6$ , welche folgenden Zuständen der Schaltmittel  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  und  $T_4$  entsprechen:

15  $\Phi_4$ :  $T_1$  und  $T_3$  sind geschlossen und  $T_4$  ist geöffnet. Das optionale Schaltmittel  $T_2$  ist geöffnet. Während der Aufbauphase des Spulen-Stroms  $I_{L1}$  wird auch bereits ein Ausgang mit relativ kleiner Ausgangsspannung, hier Ausgang A, bedient.

$\Phi_5$ :  $T_1$  ist weiterhin geschlossen,  $T_3$  und  $T_4$  sind geöffnet. Das optionale Schaltmittel  $T_2$

20 ist geöffnet. Obwohl das Hauptschaltmittel  $T_1$  noch geschlossen ist und somit die Schaltungsanordnung weiterhin an der Spannungsversorgung  $U_{in}$  anliegt, beginnt bereits die Stromabbauphase, da der Lastzweig mit einer Ausgangsspannung, die größer ist als die Eingangsspannung ( $U_B > U_{in}$ ) versorgt wird. Der Strom nimmt dabei relativ langsam ab.

25  $\Phi_6$ :  $T_1$ ,  $T_3$  und  $T_4$  sind geöffnet. Das optionale Schaltmittel  $T_2$  ist geschlossen. Im zweiten Teil der Stromabbauphase fällt die Kurve relativ steil ab, da die Ausgangsspannung  $U_B$  alleine von der in der Spule  $L_1$  gespeicherten Energie versorgt wird. Der Stromkreis besteht nun aus der Spule  $L_1$ , der Diode  $D_3$  im Lastzweig B, der Parallel-

30 schaltung eines Glättungs-Kondensators mit einem die Last A repräsentierenden Ausgangswiderstand und der Diode  $D_2$ , optional dem Schaltmittel  $T_2$ .

Zusammengefasst besteht der Schalt-Zyklus  $SZ_1$  oder  $SZ_2$  eines Buck-Converters erfindungsgemäß aus einer Aufbauphase  $\Phi_1$  bzw.  $\Phi_4$  und zumindest zwei sich anschließenden Stromabbauphasen  $\Phi_2$  und  $\Phi_3$  bzw.  $\Phi_5$  und  $\Phi_6$ . Die in Figur 2 und Figur 3 gezeigten Diagramme betreffen die Stromaufbauphasen und die Stromabbauphasen eines Tief-Hochsetzstellers, der auf einem Buck-Converter basiert und eine Haupt-Ausgangsspannung  $U_A$  aufweist, die kleiner ist als die Eingangsspannung  $U_{in}$ , und deren zumindest eine Nebenspannung  $U_B$  größer ist, als die Eingangsspannung  $U_{in}$ . Gegenüber dem Stand der Technik erfolgt erfindungsgemäß der Strom-Abbau nicht einzig durch Abschalten des Hauptschaltmittels  $T_1$ , sondern auch durch Versorgen einer hohen Ausgangsspannung. Dies wird dadurch erreicht, dass pro Schalt-Zyklus  $SZ_1$  bzw.  $SZ_2$  mehrere beteiligte Ausgänge A, B, eventuell auch C, bedient werden. Der Lastzweig C deutet an, dass nach diesem Schema auch weitere Ausgänge mit über oder unter der Eingangsspannung  $U_{in}$  liegenden Ausgangsspannungen (hier:  $U_C$ ) gebildet werden können, wobei jedoch die Bedingung gilt, dass am Ende eines Schalt-Zyklus  $SZ_1$  bzw.  $SZ_2$  das Gleichgewicht GL erreicht sein muss. Jedoch kann ein Schaltzyklus auch mehrere EIN- und AUS-Phasen von  $T_1$  und  $D_2$  haben.

Figur 4 zeigt eine schematische Schaltungsanordnung für einen auf einem Boost-Converter basierenden Tief-Hochsetzsteller. Ein Schaltmittel  $T_5$ , das zwischen einem Minus-Pol der eine Eingangsspannung  $U_{in}$  erzeugenden Gleichspannungsquelle und einer als Energie speicherndes Mittel eingesetzten Spule  $L_2$  angeordnet ist, ist als Hauptschalter eingesetzt. Der in diesem Beispiel dargestellte Tief-Hochsetzsteller mit mehreren Ausgängen verfügt über drei Ausgänge D, E und F, wobei der Hauptausgang die Spannung  $U_E$  hat, welche größer ist als die Eingangsspannung  $U_{in}$ . Dieser Hauptausgang weist eine hohe Last auf. Ein Spulen-Strom  $I_{L2}$  wird so lange über die Diode  $D_4$  in den Lastzweig E gegeben, wie das Potential  $Y_2$  auf der der Diode  $D_4$  zugewandten Seite der Spule  $L_2$  höher ist als die Ausgangsspannung  $U_E$ . An mindestens einem Nebenausgang, hier Zweig D, liegt eine Nebenspannung  $U_D$  an, die kleiner ist als die Eingangsspannung  $U_{in}$ . In diesem Ausführungsbeispiel ist ein weiterer Ausgangszweig eingezeichnet, mit einer Nebenspannung  $U_F$ , die lediglich beispielhaft größer ist als die

Eingangsspannung  $U_{in}$ . Diese weitere Nebenspannung  $U_F$  könnte auch kleiner sein. Ein Controller überwacht die Ausgangsspannungen  $U_D$ ,  $U_E$  und  $U_F$  und steuert die Schaltmittel  $T_5$ ,  $T_6$  und  $T_7$  entsprechend den Anforderungen. Für die Erfindung wesentlich ist, dass bereits während der Aufbauphase des Spulen-Stroms  $I_{L2}$  der Nebenausgang D  
 5 versorgt wird.

Figur 5 ist ein Diagramm, das den Spulen-Strom  $I_{L2}$  gemäß einer ersten erfindungsgemäßen Variante eines Schaltschemas für einen Buck-Converter betrifft. Bei dem ersten Schaltschema besteht ein Schalt-Zyklus  $SZ_3$  aus einer zweiphasigen Aufbauphase  
 10 des Spulen-Stroms  $I_{L2}$  und zumindest einer sich anschließenden Abbauphase. Die Gleichgewichtslinie GL deutet an, dass im Gleichgewichtszustand bei korrekter Anpassung des Tastverhältnisses des Hauptschaltmittels  $T_5$  an die Lasten erreicht wird. Zusätzlich ist der bestimmungsgemäße Betrieb des Konverters nur möglich, wenn die Lasten bestimmte Randbedingungen einhalten. Der hier dargestellte Schalt-Zyklus  $SZ_3$   
 15 besteht aus mehreren Phasen  $\Phi_7$ ,  $\Phi_8$  und  $\Phi_9$ , welche folgenden Zuständen der Schaltmittel  $T_5$ ,  $T_6$  und  $T_7$  entsprechen:

- $\Phi_7$ :  $T_5$  ist geschlossen und  $T_6$  und  $T_7$  sind geöffnet. Der Spulen-Strom  $I_{L2}$  steigt an.
- 20  $\Phi_8$ :  $T_6$  ist geschlossen und  $T_5$  und  $T_7$  sind geöffnet. Der Spulen-Strom  $I_{L2}$  steigt weiterhin an, jedoch abgeflachter im Vergleich zur ersten Phase  $\Phi_7$ , da ein Verbraucher zugeschaltet wurde, und zwar eine Nebenspannung mit einer kleinen Ausgangsspannung, hier der Lastzweig D mit  $U_D < U_{in}$ .
- 25  $\Phi_9$ :  $T_5$ ,  $T_6$  und  $T_7$  sind geöffnet. Über die Diode  $D_4$  wird der Lastzweig E mit der Energie des induktiven Speichermittels  $L_2$  versorgt.

Figur 6 ist ein Diagramm, das den Spulen-Strom  $I_{L2}$  gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Variante eines Schaltschemas für einen Boost-Converter betrifft. Dieses  
 30 Beispiel zeigt die zweiphasige Aufbauphase und die ebenfalls zweiphasige Abbauphase



des Stromes für einen DC/DC Converter, der drei Ausgänge D, E und F aufweist. Die Stromaufbauphase besteht dabei aus den Phasen  $\Phi_{10}$  und  $\Phi_{11}$ , die Stromabbauphase aus den beiden Phasen  $\Phi_{12}$  und  $\Phi_{13}$ . Bei diesem Ausführungsbeispiel wird jeder der Ausgänge während eines Schalt-Zyklus  $SZ_4$  angesteuert.

5

$\Phi_{10}$ :  $T_5$  ist geschlossen,  $T_6$  und  $T_7$  sind geöffnet. In der Spule  $L_2$  wird Energie gespeichert.

10  $\Phi_{11}$ :  $T_5$  und  $T_7$  sind geöffnet,  $T_6$  ist geschlossen. Der Zweig D wird bedient, so dass der Anstieg des Spulen-Stroms  $I_{L2}$  weniger steil weiter verläuft.

$\Phi_{12}$ :  $T_5$ ,  $T_6$  und  $T_7$  sind geöffnet, so dass über die Diode  $D_4$  im Zweig E die Ausgangsspannung  $U_E$  erzeugt wird, welche bei diesem Boost-Converter die Hauptspannung ist und größer ist als die Eingangsspannung  $U_{in}$ .

15

$\Phi_{13}$ :  $T_5$  und  $T_6$  sind geöffnet,  $T_7$  ist geschlossen. Ein Teil der in der Spule  $L_2$  gespeicherten Energie wird zum Ausgang  $U_F$  transferiert.

20 Für die Diagramme in den Fig. 2, 3, 5 und 6 gilt, dass die schraffierten Fläche unterhalb der Linie  $I_{L1}$  bzw.  $I_{L2}$  den Strombedarf des jeweiligen Ausganges A, B, C, D, E und F darstellt. Das Schaltschema gibt sowohl die Reihenfolge an, in der die Ausgänge bedient werden, als auch die jeweilige Dauer. Das gleiche Ergebnis lässt sich auch mit einer anderen Reihenfolge innerhalb eines Schaltzyklus  $SZ_i$  erreichen, wenn die Dauern der Phasen  $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_{13}$  entsprechend angepasst werden, so dass die Größen der  
25 Flächen dieselben bleiben. Der Controller steuert die definierte Lastverteilung durch entsprechendes Stellen der Schaltmittel.

Die in den Figuren 2, 3, 5 und 6 dargestellten Schaltphasen und Schalt-Zyklen sind lediglich Beispiele. Wenn das erfindungsgemäße Verfahren für einen DC/DC Tief-  
30 Hochsetzsteller mit mehr als den dargestellten Ausgängen verwendet werden, wird es dahingehend variiert, dass alternativ

- ein Schalt-Zyklus in mehr Schaltphasen unterteilt wird, unter Berücksichtigung der Gleichgewichtslinie GL und / oder
  - unterschiedlich zusammengesetzte Schalt-Zyklen sich abwechseln im Gegensatz zu dem jeweils dargestellten einzelnen Schalt-Zyklus, der alle vorhandenen Ausgänge
- 5 bedient.

Die Steuerung des jeweiligen Hauptschaltmittels  $T_1$  für den Buck-Converter in Figur 1 bzw.  $T_5$  für den Boost-Converter in Figur 3 sowie gegebenenfalls des Freilaufschaltmittels  $T_2$  kann bezüglich der Frequenz unabhängig von der Steuerung der Ausgangs-

10 schaltmittel  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $T_6$  und  $T_7$  erfolgen. In diesem Fall lässt sich das Verhalten nicht mehr mithilfe von Schaltphasen darstellen.

Die Schaltmittel  $D_3$  und  $D_4$  können optional auch durch andere Halbleiterschalter ersetzt werden (Synchrongleichrichtung).

15

Sämtliche dargestellte und erwähnte Spannungsquellen können auch durch solche mit umgekehrter Polarität ersetzt werden, wenn in diesem Fall alle Dioden umgedreht werden. Von niedrigerer Spannung wird allgemein geredet, wenn die Spannung näher an Null ist.

20



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben eines DC/DC Tief-Hochsetzstellers, der
- eine Eingangsspannung ( $U_{in}$ ) und zumindest eine erste und eine zweite Ausgangsspannung ( $U_A$ ,  $U_B$ ),
  - zumindest ein induktives Mittel ( $L_1$ ) zur Energiespeicherung, das mit einem ersten
  - 5 Anschluss ( $X_1$ ) an ein Hauptschaltmittel ( $T_1$ ) angeschlossen ist und mit einem zweiten Anschluss ( $Y_1$ ) über Schaltmittel ( $T_3$ ,  $D_3$ ) mit mindestens zwei Ausgängen (A, B) verbunden werden kann,
  - Ausgangsschaltmittel ( $T_3$ ,  $D_3$ ) zur Versorgung der ersten und zweiten Ausgangsspannungen ( $U_A$ ,  $U_B$ ) mit elektrischer Energie durch Zuführen eines Spulen-
  - 10 Stroms ( $I_{L1}$ ),
  - ein Hauptschaltmittel ( $T_1$ ) zwischen dem induktiven Mittel ( $L_1$ ) zur Energiespeicherung und einer die Eingangsspannung ( $U_{in}$ ) erzeugenden Gleichspannungsquelle
  - ein Freilaufschaltmittel ( $T_2$ ,  $D_2$ ), das die Fortsetzung des Stromflusses im induktiven
  - 15 Mittel ( $L_1$ ) ermöglicht, wenn das Hauptschaltmittel ( $T_1$ ) abgeschaltet ist und
  - ein Steuermittel (Controller) zum selektiven Betätigen aller Schaltmittel ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ )
- aufweist, wobei
- an dem ersten Ausgang (A) die erste Ausgangsspannung ( $U_A$ ) anliegt, die niedriger
  - 20 ist als die Eingangsspannung ( $U_{in}$ ) und
  - an dem zweiten Ausgang (B) die zweite Ausgangsspannung ( $U_B$ ) anliegt, die größer ist als die Eingangsspannung ( $U_{in}$ ),
  - zumindest ein weiteres Schaltmittel ( $T_3$ ) zur Richtungssteuerung des Spulen-Stroms ( $I_{L1}$ ) in den ersten Ausgang (A) oder in den zweiten Ausgang (B) in Reihe mit dem
  - 25 ersten Ausgang (A) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Steuermittel (Controller)

-- das oder die Ausgangsschaltmittel ( $T_3$ ,  $T_4$ ) so steuert, dass im Verlauf eines Schalt-Zyklus ( $SZ_1$ ,  $SZ_2$ ) der Spulen-Strom ( $I_{L1}$ ) aus dem zweiten Anschluss ( $Y_1$ ) in beide

5 Ausgangszweige (A, B) fließt und

-- den Hauptschalter ( $T_1$ ) im eingeschwungenen Zustand des Tief-Hochsetzstellers so steuert, dass die mittlere Spannung am ersten Anschluss ( $X_1$ ) gleich der am zweiten Anschluss ( $Y_1$ ) ist.

10 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Steuermittel (Controller) für die Schaltmittel ( $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ) Schaltphasen ( $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$  bzw.  $\Phi_5$ ,  $\Phi_6$ ) erzeugt und der Verlauf des Spulen-Stroms ( $I_{L1}$ ) eine Aufbauphase und eine Abbauphase umfasst,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Abbauphase des Spulen-Stroms ( $I_{L1}$ ) zumindest zwei Schaltphasen ( $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$

15 bzw.  $\Phi_5$ ,  $\Phi_6$ ) aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Schalt-Zyklus ( $SZ_1$ ,  $SZ_2$ ) alle Schaltphasen ( $\Phi_1$ ,  $\Phi_2$ ,  $\Phi_3$  bzw.  $\Phi_4$ ,  $\Phi_5$ ,  $\Phi_6$ ) genau  
20 einmal beinhaltet.

4. Verfahren zum Betreiben eines DC/DC Tief-Hochsetzstellers, der

- eine Eingangsspannung ( $U_{in}$ ) und zumindest einer ersten und einer zweiten  
Ausgangsspannung ( $U_D$ ,  $U_E$ ),

25 - zumindest ein induktives Mittel ( $L_2$ ) zur Energiespeicherung, das mit einem ersten Anschluss ( $X_2$ ) an einer die Eingangsspannung ( $U_{in}$ ) erzeugenden Gleichspannungsquelle angeschlossen ist und mit einem zweiten Anschluss ( $Y_2$ ) über Schaltmittel ( $T_6$ ,  $D_4$ ) mit den Ausgängen (D, E) verbunden werden kann,  
- Ausgangsschaltmittel ( $T_6$ ,  $D_4$ ) zur Versorgung der ersten und der zweiten Ausgangs-  
30 spannung ( $U_D$ ,  $U_E$ ) mit elektrischer Energie durch Zuführen eines Spulen-Stroms ( $I_{L2}$ ),

- ein Hauptschaltmittel ( $T_5$ ) zwischen einem zweiten Anschluss ( $Y_2$ ) des induktiven Mittels ( $L_2$ ) zur Energiespeicherung und dem anderen Pol der Gleichspannungsquelle und
- ein Steuermittel (Controller) zum selektiven Betätigen der aller Schaltmittel ( $T_5$ ,  $T_6$ ,  $T_7$ )

aufweist, wobei

- an dem ersten Ausgang (D) die erste Ausgangsspannung ( $U_D$ ) anliegt, die niedriger ist als die Eingangsspannung ( $U_{in}$ ) und
- an dem zweiten Ausgang (E) die zweite Ausgangsspannung ( $U_E$ ) anliegt, die größer ist als die Eingangsspannung ( $U_{in}$ ),
- zumindest ein weiteres Schaltmittel ( $T_6$ ) zur Richtungssteuerung des Spulen-Stroms ( $I_{L2}$ ) in den ersten Ausgang (D) oder in den zweiten Ausgang (E) in Reihe mit dem ersten Ausgang (D) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet,

15 dass das Steuermittel (Controller)

-- das oder die Ausgangsschaltmittel ( $T_6$ ,  $T_7$ ) so steuert, dass im Verlauf eines Schalt-Zyklus ( $SZ_3$ ,  $SZ_4$ ) der Spulen-Strom ( $I_{L2}$ ) aus dem zweiten Anschluss ( $Y_2$ ) mindestens einmal in beide Ausgangszweige (D, E, F) fließt und

20 -- das Hauptschaltmittel ( $T_5$ ) im eingeschwungenen Zustand des Tief-Hochsetzstellers so steuert, dass die mittlere Spannung am zweiten Anschluss ( $Y_2$ ) der Spule ( $L_2$ ) gleich der am ersten Anschluss ( $X_2$ ) also gleich der Eingangsspannung ( $U_{in}$ ) ist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Steuermittel (Controller) für jedes Schaltmittel ( $T_5$ ,  $T_6$ ,  $T_7$ ) Schaltphasen ( $\Phi_7$ ,  $\Phi_8$ ,  $\Phi_9$  bzw.  $\Phi_{10}$ ,  $\Phi_{11}$ ,  $\Phi_{12}$ ,  $\Phi_{13}$ ) erzeugt und  
25 der Verlauf des Spulen-Stroms ( $I_{L2}$ ) eine Aufbauphase und eine Abbauphase umfasst,  
dadurch gekennzeichnet,

dass die Aufbauphase des Spulen-Stroms ( $I_{L2}$ ) zumindest zwei Schaltphasen ( $\Phi_7$ ,  $\Phi_8$  bzw.  $\Phi_{10}$ ,  $\Phi_{11}$ ) aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Schalt-Zyklus (SZ<sub>3</sub>, SZ<sub>4</sub>) alle Schaltphasen ( $\Phi_7$ ,  $\Phi_8$ ,  $\Phi_9$  bzw.  $\Phi_{10}$ ,  $\Phi_{11}$ ,  $\Phi_{12}$ ,  $\Phi_{13}$ )  
5 genau einmal beinhaltet.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Schaltmittel (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> ... T<sub>7</sub>) MOSFETs; IGBTs, GTOs oder Bipolar-Transistoren  
10 sind.
8. Verwendung eines in den Ansprüchen 1 bis 9 definierten Verfahrens zum Betreiben  
eines DC/DC Tief-Hochsetzsteller in elektronischen Apparaten, in denen Verbraucher  
mit unterschiedlichen Spannungen versorgt werden müssen, wie beispielsweise in  
15 Mobilfunktelefonen, PDAs (Personal Digital Assistants) oder MP3-Spielern.



## ZUSAMMENFASSUNG

### Verfahren zum Betreiben eines DC/DC Tief-Hochsetzstellers

Ein Verfahren für einen Tief-Hochsetzsteller, welcher auf einem Buck-Converter basiert, bedient während der Stromabbauphase ( $\Phi_2, \Phi_3$  bzw.  $\Phi_5, \Phi_6$ ) der Spule ( $L_1$ )  
5 einen Ausgang (B) mit relativ hoher Ausgangsspannung ( $U_B$ ), wobei  $U_B > U_{in}$  ist. Die Abbauphase des Spulen-Stroms ( $I_{L1}$ ) beinhaltet zumindest zwei unterschiedliche Strom-Abbauphasen ( $\Phi_2, \Phi_3$  bzw.  $\Phi_5, \Phi_6$ ).

Ein Verfahren für einen Tief-Hochsetzsteller, welcher auf einem Boost-Converter  
10 basiert, bedient während der Stromaufbauphase ( $\Phi_7$  bzw.  $\Phi_{10}$ ) der Spule ( $L_2$ ) einen Ausgang (D) mit relativ niedriger Ausgangsspannung ( $U_D$ ), wobei  $U_D < U_{in}$  ist. Die Aufbauphase des Spulen-Stroms ( $I_{L2}$ ) beinhaltet zumindest zwei unterschiedliche Phasen ( $\Phi_7, \Phi_8$  bzw.  $\Phi_{10}, \Phi_{11}$ ).

15 Fig. 2





Fig. 2

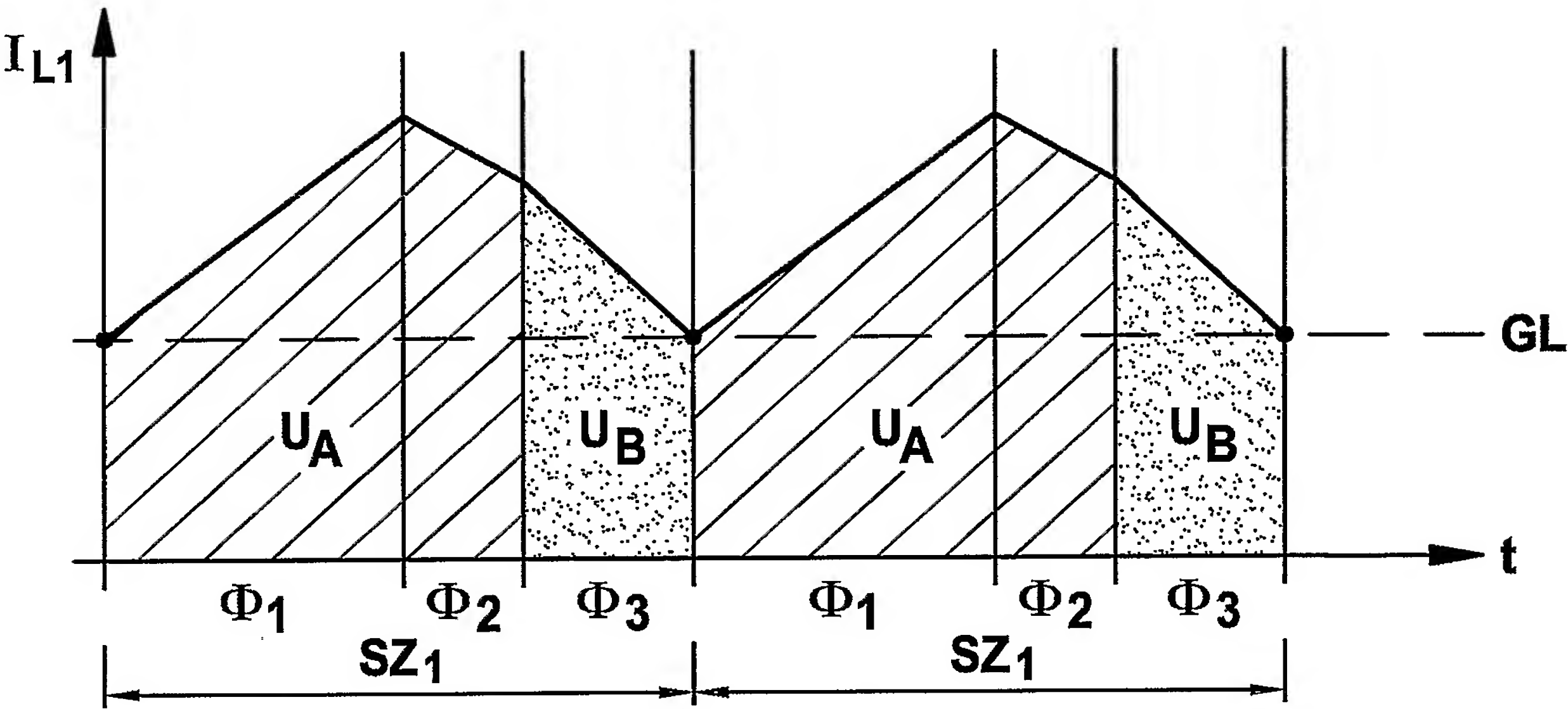


Fig. 3

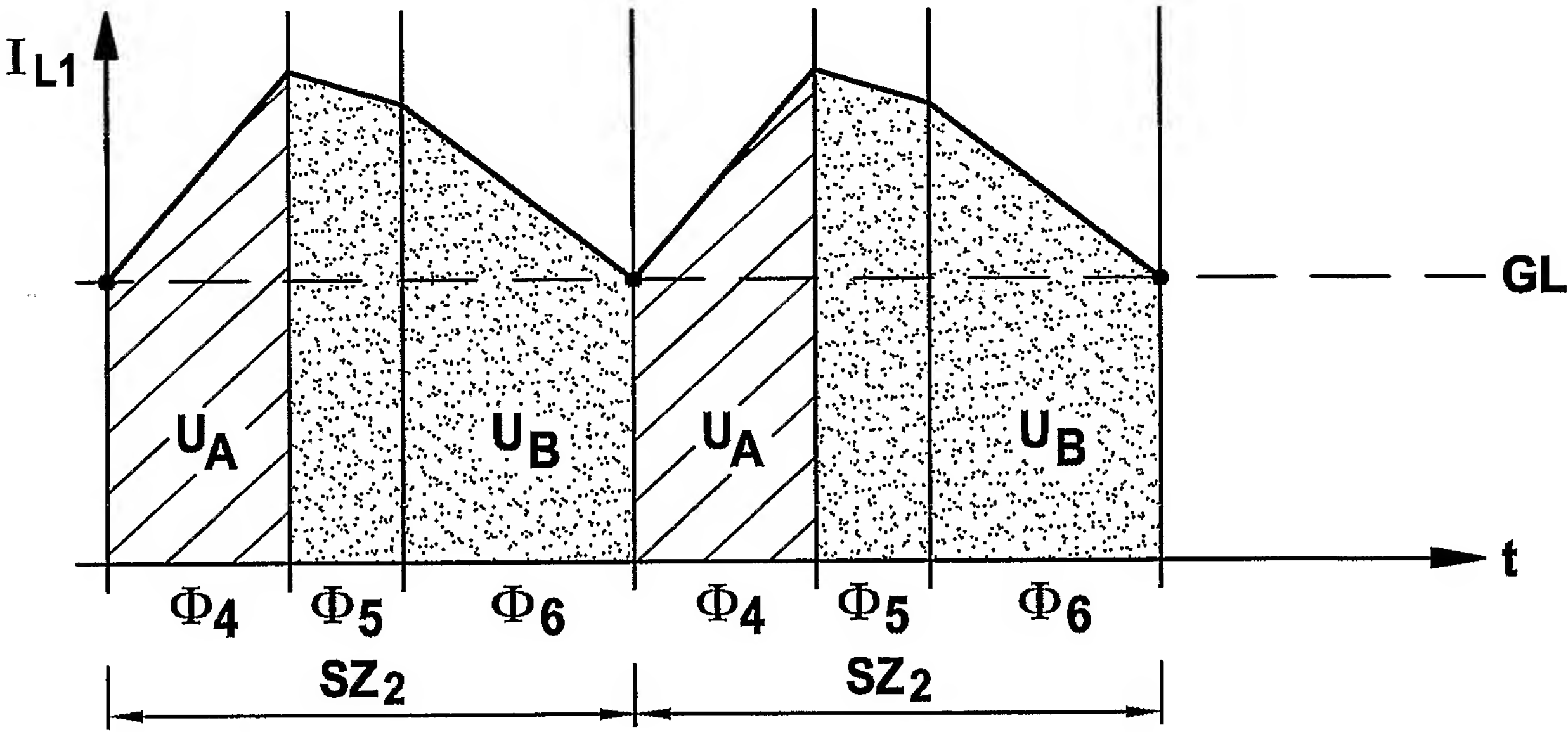


Fig. 4

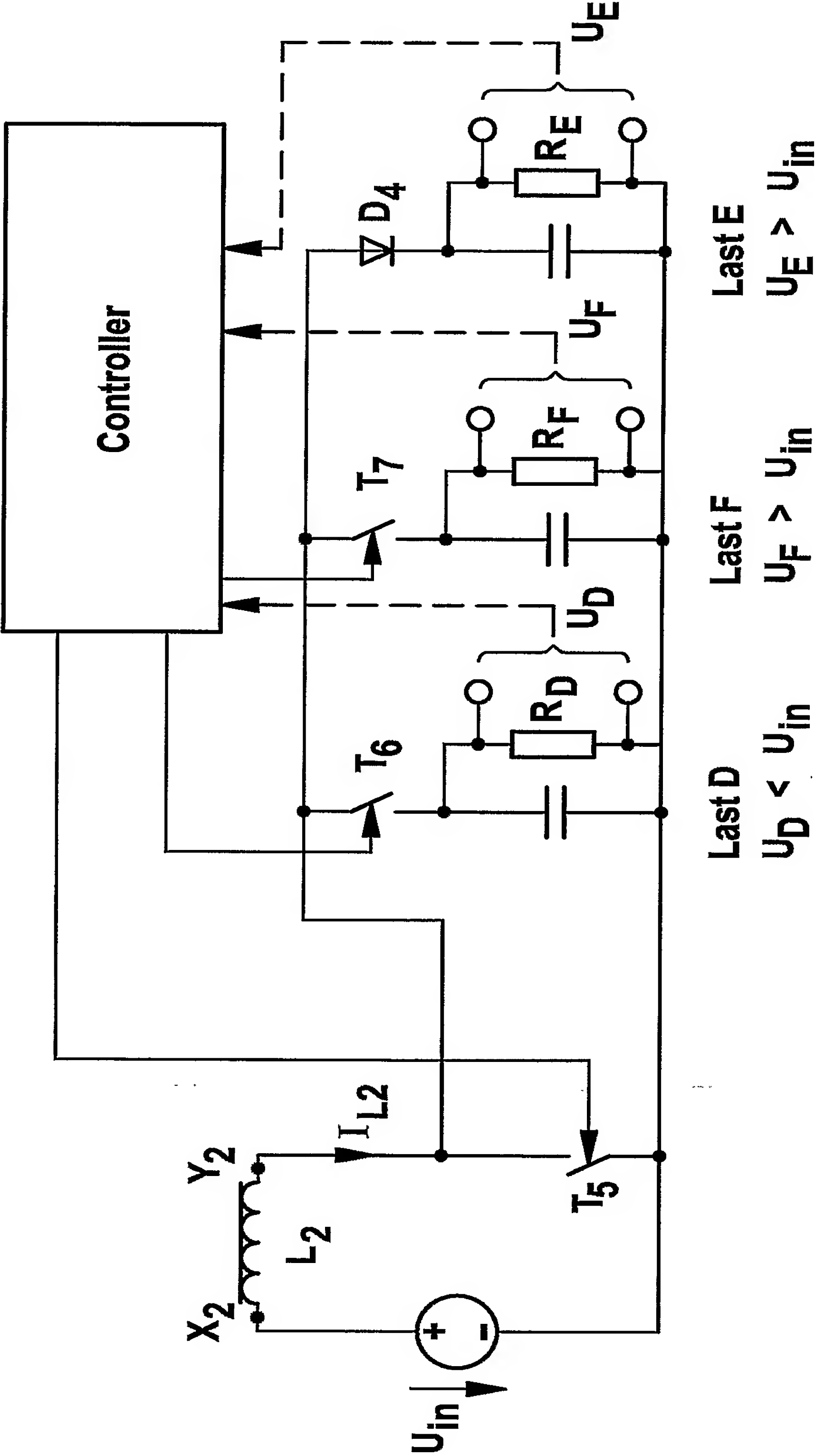


Fig. 5

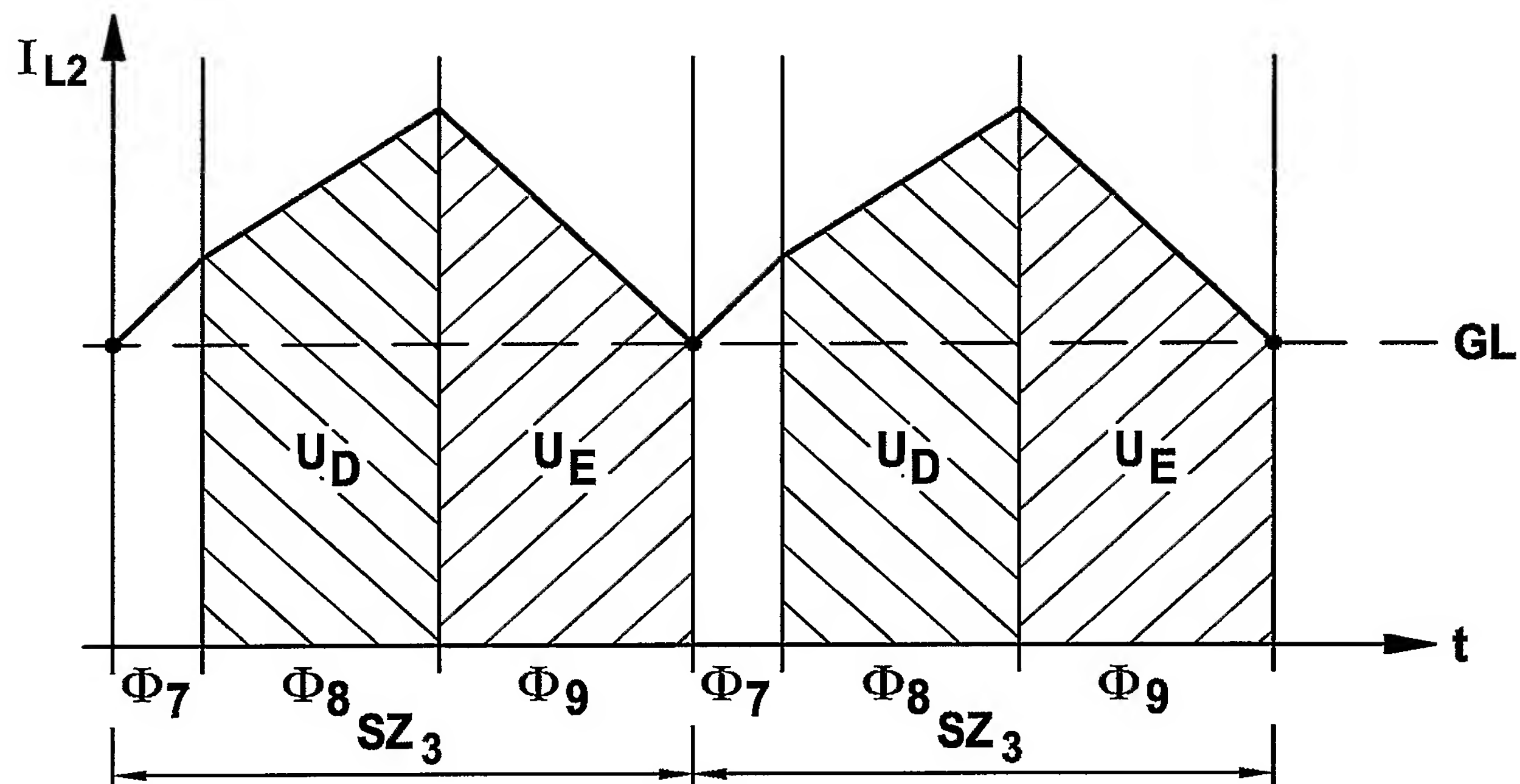
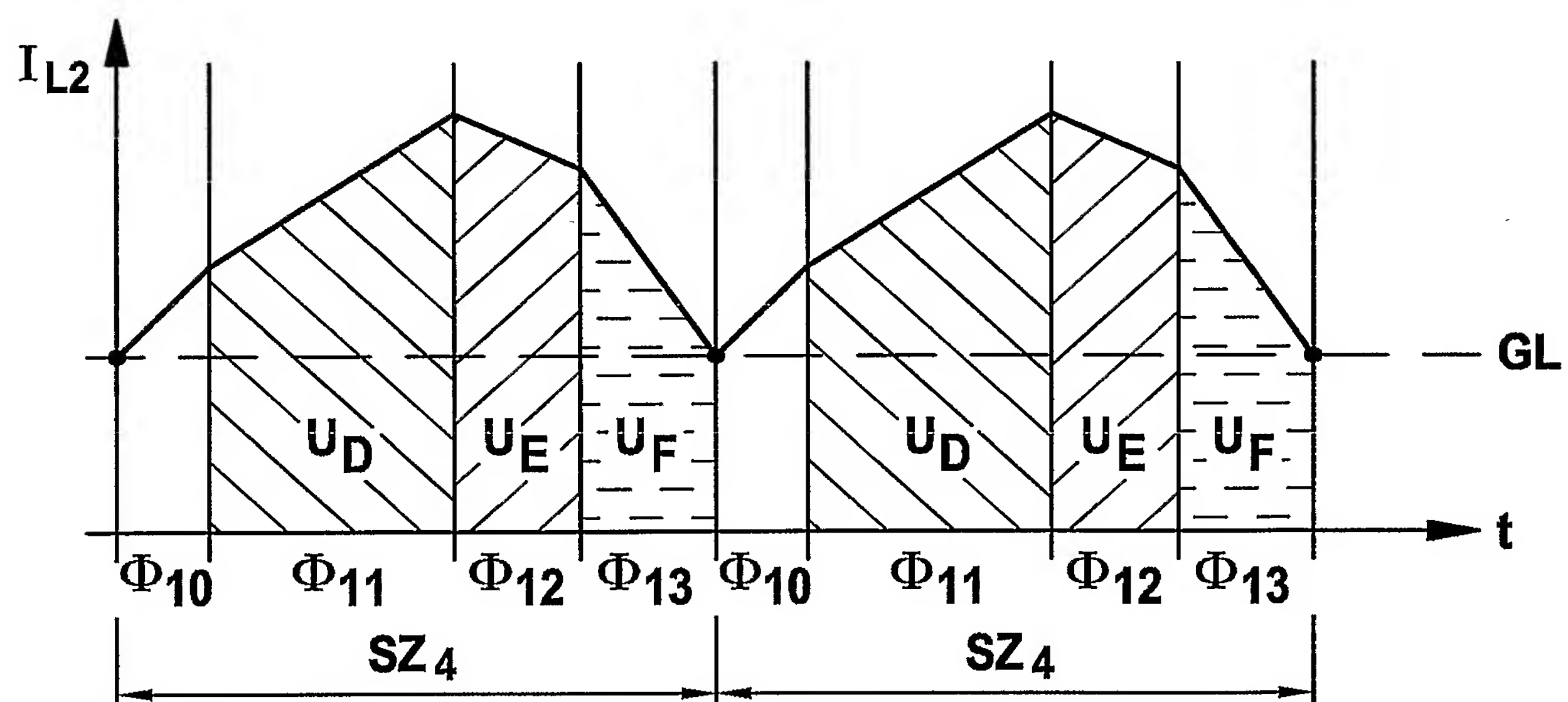


Fig. 6







PCT/IB2004/052900

